

Vanne hydraulique à rondelle piézoélectrique

La présente invention concerne une vanne hydraulique de régulation de débit ou de pression comportant au moins une soupape mobile en translation
5 entre une position de fermeture au contact d'un siège et une position d'ouverture à distance de celui-ci, le déplacement de ladite soupape étant piloté par une pièce piézoélectrique.

Des vannes hydrauliques comportant un élément piézoélectrique sont déjà connues et utilisées. Les solutions existantes comportent par exemple des
10 barreaux piézoélectriques qui développent une très grande force mais permettent un faible déplacement. Cette configuration en barreaux présente cependant des inconvénients : une telle pièce, vu son volume, a tendance à se dilater sous l'effet d'une augmentation de température, et il est donc nécessaire de prévoir une compensation en température. Celle-ci est notamment réalisée
15 par l'existence d'un coussin hydraulique situé entre le barreau et la partie mobile de la vanne.

Par ailleurs, la force importante générée par de tels barreaux, par exemple de l'ordre de 2000 N pour des barreaux de 30 mm de long, et qui est
20 notamment due à un effet d'amplification résultant de la géométrie de la pièce, peut entraîner une usure des composants des vannes qui en sont équipées ou tout au moins avoir un effet sur les tolérances desdits composants.

Le vieillissement de l'élément en barreau peut d'autre part changer sa longueur, et provoquer un dérèglement de la vanne du fait de la modification des positions relatives de la soupape et de son siège : une vanne en principe
25 fermée à tension nulle peut ne plus se fermer correctement, etc.

Les concepteurs de telles vannes ont prévu des systèmes pour compenser ou remédier à ces inconvénients, systèmes qui rendent cependant l'électrovanne sensiblement plus compliquée. Cela est d'autant plus vrai que, toujours du fait de sa structure allongée, le barreau doit être précontraint. Cette
30 précontrainte axiale a pour but de faire toujours travailler le barreau en compression, même lorsqu'il s'allonge, afin d'améliorer ses caractéristiques et sa durée de vie.

Enfin, pour obtenir des temps de réponse faibles à l'ouverture et à la fermeture de la vanne, ce qui est le but recherché à titre principal lorsqu'un
35 élément piézoélectrique est intégré dans une vanne, il faut ajouter un ressort de rappel qui aide à ramener des composants contre le barreau piézoélectrique lorsqu'il revient à sa longueur initiale. Le fonctionnement et la mise au point de ces électrovannes, du fait de toutes ces contraintes annexes, est complexe.

En alternative à la configuration en barreau, des vannes ont été équipées de bilames piézoélectriques, qui présentent l'avantage principal d'offrir des courses plus importantes (de l'ordre de 1 mm). Mais l'effort développé par un tel bilame est faible (de l'ordre de 10 N), ce qui s'avère pénalisant. Il faut toujours prévoir
5 au moins un ressort pour diminuer le temps de réponse, au moins dans un sens.

Les configurations à bilames piézoélectriques sont en outre fragiles, et nécessitent des structures spécifiques qui les compliquent sensiblement pour permettre une augmentation du nombre de cycles de fonctionnement.

10 La présente invention a pour but de proposer une configuration beaucoup plus simple et fiable, qui évite notamment l'utilisation de systèmes additionnels, c'est-à-dire non directement dédiés à la fonction principale exercée par la vanne. L'objectif est également de réduire les coûts, notamment par un choix judicieux de l'élément piézoélectrique.

15 A cet effet, la vanne hydraulique de régulation de débit ou de pression de l'invention est, à titre principal, munie d'une pièce piézoélectrique en forme de rondelle.

Cette pièce, outre sa compacité, et par conséquent son prix de revient bien inférieur à celui des barreaux précités, offre de multiples avantages. En premier
20 lieu, elle n'a nul besoin d'être précontrainte mécaniquement pour fonctionner. Ensuite, elle ne nécessite aucune compensation en température, les écarts de température ne produisant pas d'effet significatif sur elle. Elle a également un temps de réponse qui est très favorable pour les applications dans des vannes hydrauliques. Son vieillissement ne se traduit enfin pas par des modifications
25 dimensionnelles susceptibles d'engendrer des dysfonctionnements.

Le ratio effort / déplacement axial est en outre tout à fait approprié pour ce type d'application. Ces rondelles développent en effet un effort et un déplacement axiaux respectivement supérieurs à ceux produits par les bilames et les barreaux (par exemple 100 microns pour 200 volts) qui en font des
30 composants particulièrement bien adaptés, au surplus facilement intégrables dans de nombreuses configurations d'électrovannes hydrauliques.

De préférence, pour profiter efficacement du bon compromis offert par la rondelle en termes de force exercée et de déplacement axial, l'axe de la rondelle est, dans la vanne hydraulique de l'invention, parallèle à l'axe de
35 translation de la soupape.

La symétrie de révolution de ladite rondelle entraîne en effet que la résultante des forces est localisée sur l'axe de la rondelle. C'est selon cet axe que se produit de plus le déplacement maximal. Il est donc préférable de travailler dans cette direction.

De multiples configurations et variantes de vannes basées sur une telle rondelle sont bien entendu possibles selon leurs destinations, les débits ou pressions à gérer, etc. La vanne hydraulique peut par exemple être compensée en pression, notamment pour réduire les efforts sur les pièces.

5 Selon une possibilité, un premier pointeau peut être fixé à la rondelle piézoélectrique, apte à obstruer un premier orifice reliant une chambre hydraulique à basse pression à une chambre hydraulique à haute pression, la soupape de la vanne étant constituée d'un second pointeau obstruant un second orifice reliant les chambres respectivement à haute et à basse pression.

10 Lorsque le premier pointeau ouvre le premier orifice, il se produit progressivement un équilibrage des pressions entre la chambre à basse pression et la chambre à haute pression, qui conduit à un déplacement du second pointeau, c'est-à-dire de la soupape, laquelle s'écarte de son siège. A l'inverse, lorsque le premier pointeau referme l'orifice, la pression augmente à 15 nouveau en amont du second pointeau, c'est-à-dire de la soupape, qui se referme au contact de son siège. Plus le premier pointeau se referme, plus l'effort de fermeture appliqué à la soupape augmente. L'inverse se produit à l'ouverture, dans les deux cas grâce à des sections différentes du pointeau.

Il est à noter que ce type d'électrovanne, dans la conception indiquée, n'a 20 pas à proprement parler de comportement proportionnel. Lorsque la tension aux bornes de la rondelle est augmentée progressivement, le premier pointeau commence à s'ouvrir du fait de la déformation de la rondelle piézoélectrique, puis le second pointeau s'ouvre complètement lorsque le déplacement de la rondelle est suffisant pour faire chuter la pression dans la chambre hydraulique à 25 haute pression. A partir de ce moment, si on augmente encore la tension appliquée à l'élément piézoélectrique, la soupape ne s'ouvrira pas plus.

Pour simuler la proportionnalité, il faut commander la vanne par cycles, par un signal à une fréquence qui soit compatible avec le temps de réponse de la 30 rondelle piézoélectrique pour que la vanne soit effectivement commandée par ledit signal, dont le rapport cyclique est alors variable et la fréquence fixe. Cette possibilité de commande n'est possible que parce que la vanne, du fait de la rondelle piézoélectrique, est rapide. Cette rapidité, obtenue à faible coût, entraîne une bonne précision de la régulation en débit ou en pression, selon le cas.

35 La configuration à compensation de pression précitée permet de plus un réglage mécanique initial largement simplifié car les deux pointeaux sont indépendants l'un de l'autre, et présente une relation mécanique propre avec la vanne.

De préférence, le premier pointeau est fixé au centre de la rondelle, et présente un axe de déplacement confondu avec l'axe de la rondelle. Cette configuration permet d'optimiser le rendement en profitant des caractéristiques géométriques de la rondelle : le déplacement et la force exercée sont maximaux selon cet axe.

Le second pointeau, c'est-à-dire la soupape, est mobile et guidée en translation entre son siège et une butée située, selon l'axe de son déplacement, à l'opposé dudit siège.

La différence de pression ne lui permet donc qu'un mouvement de translation selon une direction, et dans deux sens dépendant de l'état relatif des pressions dans la chambre à haute pression et dans la chambre à basse pression.

Selon l'invention, le second pointeau constituant la soupape comporte une cavité axiale interne ouverte sur l'extérieur. Cette cavité permet de réduire la masse de la soupape, et de réduire ainsi son inertie et par conséquent les temps de réponse à l'ouverture et à la fermeture.

De préférence encore, ladite cavité comporte deux ouvertures disposées respectivement à l'opposé et à proximité de la portion du pointeau coopérant avec le siège de la soupape, situées dans la même chambre hydraulique, avec les mêmes visées qu'auparavant.

Selon une possibilité, l'accès au premier orifice, c'est-à-dire celui qui est obstruable par le premier pointeau fixé à la rondelle, est partiellement obstrué dans la chambre à haute pression par une pièce restreignant sensiblement le passage du fluide qui doit y franchir un canal de faible diamètre, inférieur à celui dudit premier orifice.

Une telle restriction permet d'obtenir l'effet d'un ressort, mais sans ses inconvénients. On verra dans la suite qu'il est cependant possible de concevoir une version de la vanne de l'invention avec un ressort permettant notamment de favoriser une fermeture rapide de la vanne.

La version de la vanne de l'invention avec une compensation en pression telle qu'expliquée auparavant, effectuée sur la haute pression, permet d'éviter les problèmes mentionnés auparavant de dilatations thermiques parasites et de variations de tolérance sans pour autant modifier sensiblement la vitesse de réponse de la vanne.

L'équilibre des pressions s'effectue en effet très rapidement, car les volumes des chambres hydrauliques sont petits, particulièrement au niveau du siège de la vanne et derrière le pointeau. Ceci permet également de réduire les à-coups hydrauliques sur les pièces en mouvement, et de les préserver de l'usure qui en résulterait.

Il est également possible de mettre en œuvre une version à actionnement direct de la soupape, dans laquelle cette dernière est constituée d'un pointeau directement fixé à la rondelle, et apte à obstruer un unique orifice reliant une chambre hydraulique à haute pression à une chambre hydraulique à basse pression.

Dans ce type de vanne dite « directe », la conception doit être plus axée sur la possibilité d'affiner les réglages mécaniques, qui peuvent être plus délicats à effectuer. L'avantage principal est de conduire à une légère réduction des temps de réponse, autant pour l'ouverture que pour la fermeture de la vanne.

Dans cette configuration directe, le pointeau formant soupape est, de préférence, situé dans la chambre à haute pression. Dans les deux versions de l'invention, la rondelle piézoélectrique est située dans la chambre hydraulique à basse pression.

En d'autres termes, dans les deux cas, le pointeau constituant la soupape est situé dans la chambre à haute pression alors que l'élément piézoélectrique qui pilote ladite soupape est situé dans la chambre à basse pression. Cette structure n'est pas strictement nécessaire, mais elle s'impose car elle est à la fois plus immédiate et plus facile à mettre en œuvre.

Ainsi que cela a été évoqué auparavant, un ressort peut être appliqué contre la rondelle piézoélectrique pour exercer une force de rappel sollicitant ladite rondelle dans le sens de la fermeture de l'orifice contrôlé par le pointeau qui y est fixé.

A titre principal, ce ressort permet en principe de réduire le temps de réponse à la fermeture. Il faut cependant rappeler que, compte tenu des caractéristiques de conception de la vanne de l'invention, et des choix de fonctionnement opérés, ladite vanne fonctionne parfaitement sans ressort.

Parmi lesdits choix, les électrovannes à composants piézoélectriques peuvent appartenir à deux groupes de solutions : un groupe de configurations dans lesquelles la soupape est fermée pour une tension de commande nulle, et un second groupe qui privilégie l'hypothèse inverse.

De préférence, la vanne hydraulique de l'invention appartient au premier nommé, c'est-à-dire que la soupape est fermée lorsque la tension aux bornes de la rondelle piézoélectrique est égale à zéro.

Ce choix conditionne d'ailleurs un certain nombre des options de conception dont il est fait état dans cette description, notamment en combinaison avec une autre caractéristique utilisée dans le cadre de l'invention, à savoir que la rondelle est, à tension nulle, déformée de telle sorte qu'elle présente une concavité orientée vers le pointeau qui lui est fixé.

Cette précontrainte lui permet en l'occurrence d'exercer une force de fermeture sur le pointeau qui lui est fixé, par effet ressort, sans contrarier pour autant le déplacement de la rondelle dans le sens de l'ouverture sous l'effet de la tension.

- 5 Dans ces conditions, l'effort maximal de la rondelle piézoélectrique est exercé pour un déplacement nul. Lorsque le mouvement est amorcé, le déplacement de la rondelle augmente, et l'effort disponible se réduit. Mais cela n'est plus un problème car l'effort nécessaire pour le fonctionnement est également réduit, du fait de la compensation en pression procurée par
10 l'invention.

- Cette conception permet également, même en l'absence de ressort, d'accélérer la fermeture car, plus on se rapproche de la position de fermeture, plus l'effort augmente. Cela va dans le sens d'une efficacité maximale pour garantir l'étanchéité à la fermeture car l'inertie de la partie mobile de la vanne est
15 accélérée dans les moments où c'est le plus nécessaire.

Par ailleurs, selon une possibilité, la rondelle peut présenter des orifices répartis sur sa couronne. Cette caractéristique favorise également un déplacement rapide car les trous dans la couronne favorisent le passage du fluide, ce qui réduit la résistance au mouvement.

- 20 En somme, la configuration de l'invention basée sur l'utilisation d'une rondelle piézoélectrique permet de réduire le volume de la matière piézoélectrique, et donc le coût de l'ensemble, mais aussi de pouvoir disposer d'un effort et d'un déplacement axial suffisants pour une utilisation dans une vanne hydraulique. L'intérêt de l'utilisation d'un tel composant est notamment la rapidité du temps
25 de réponse qu'il procure et l'amélioration de la précision du réglage qui en résulte (en débit et/ou en pression). Les problèmes de tolérance sur un composant piézoélectrique n'existent plus, ce qui permet d'assurer facilement, au montage, une fermeture de la vanne notamment lorsque celle-ci appartient au groupe de solutions à soupape fermée lorsque le courant est nul, fermeture en
30 outre garantie par l'effort dû à la déformation de la rondelle. L'effort maximal, fourni en l'absence de signal de commande, communique de plus au pointeau une dynamique favorable dans l'optique de la rapidité de réponse en présence d'un signal.

- Par opposition aux solutions basées sur des barreaux piézoélectriques, les
35 rondelles ne subissent aucun changement dimensionnel sensible lorsqu'elles vieillissent. Leur forme d'allure surfacique garantit en outre leur souplesse et permet de mettre en œuvre une solution compacte. Il n'est enfin plus nécessaire de procéder à une amplification mécanique, et on peut donc s'affranchir de tout système à cet effet.

L'absence de systèmes additionnels pour compenser les problèmes précités conduit à une solution avec moins de pièces, par conséquent beaucoup moins coûteuse que les solutions de l'art antérieur, et plus fiable.

L'invention va à présent être décrite plus en détail, en référence aux figures annexées pour lesquelles :

la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'une électrovanne hydraulique selon l'invention, dans une version à compensation de pression ;

la figure 2 représente une variante de la configuration de la figure 1 intégrant un ressort agissant sur le sous-ensemble contenant la rondelle piézoélectrique ;
et

la figure 3 montre une variante avec un actionnement direct de la soupape de la vanne.

En référence à la figure 1, l'électrovanne (1) de l'invention est fixée à un carter (2) comportant d'une part un conduit d'amenée de fluide à haute pression (3), et d'autre part un conduit de sortie de fluide à basse pression (4). Le fonctionnement de cette électrovanne est basé sur l'existence d'une rondelle piézoélectrique (5) à laquelle est fixé un premier pointeau (6) prévu pour obstruer un orifice (7) séparant une chambre hydraulique à haute pression (8) d'une chambre hydraulique à basse pression (9) dans laquelle se trouve ladite rondelle piézoélectrique (5).

Un second pointeau (10) permet d'obstruer l'extrémité d'un canal (11) reliant la chambre hydraulique à haute pression (8) à la chambre hydraulique à basse pression (9). Ce second pointeau (10) étant en réalité la soupape de la vanne hydraulique de l'invention, le siège de ladite soupape, au débouché du canal (11), est disposé dans une pièce (12) réalisant également le guidage en translation de la soupape (10) facilitant ainsi les réglages initiaux. Ledit déplacement en translation est limité d'une part par le siège précité, et d'autre part par une pièce (13) dans laquelle est pratiqué l'orifice (7) obstrué par le pointeau (6). La nature des relations mécaniques entre les différents composants usuels de l'électrovanne de l'invention, ainsi qu'avec les pièces intermédiaires de liaison par exemple pour la fixation du premier pointeau (6) à la rondelle piézoélectrique (5), ou les modes d'étanchéification (par joint torique) entre lesdits composants, sont considérés comme classiques et par conséquent connus, et ne seront donc pas détaillés dans la présente description.

Le fonctionnement est le suivant : lorsque le courant alimentant la rondelle piézoélectrique (5) est nul, le pointeau (6) obstrue l'orifice (7). La soupape (10) est elle-même en contact avec son siège, et il n'y a pas de communication possible entre la chambre hydraulique à haute pression (8) et la chambre hydraulique à basse pression (9). En revanche, lorsque le courant n'est pas nul,

la rondelle piézoélectrique (5) se déforme vers le haut, et le pointeau (6) s'écarte de son siège et ouvre l'orifice (7). Du fait de la communication entre la chambre hydraulique à haute pression (8) et la chambre hydraulique à basse pression (9), la pression chute dans la première citée. Les pressions s'égalisant, la pression augmente corrélativement dans la chambre à basse pression (9), en aval du pointeau (10) constituant la soupape, laquelle s'ouvre et désobstrue le canal (11).

Il est à noter que le fonctionnement ainsi décrit n'est pas proportionnel, car même si on augmente la tension aux bornes de l'élément piézoélectrique, le pointeau (10) ne s'ouvre pas nécessairement plus. Toutefois, à l'aide d'une commande électronique à signaux carrés, dont le rapport cyclique est variable et la fréquence fixe, il est possible d'obtenir un fonctionnement proportionnel grâce à la rapidité de réponse de la vanne, et plus particulièrement du composant piézoélectrique.

Dans la configuration qui est représentée en figure 1, la régulation de pression est réalisée sans ressort. Le retour de la soupape (10) vers sa position de départ est assuré par la différence de pression dans la partie hydraulique de la vanne.

Le fait que l'effort maximal du composant piézoélectrique est exercé pour un déplacement nul permet d'accélérer le déplacement lorsque l'inertie de la partie mobile de la vanne est importante, ce qui va dans le sens d'une accélération du temps de réponse de la vanne. Lorsque le mouvement est amorcé, le déplacement augmente et l'effort disponible de l'élément piézoélectrique se réduit, en adéquation avec l'effort résiduel nécessaire au fonctionnement, qui se réduit également du fait de la compensation en pression.

La figure 2 concerne une variante de l'électrovanne de la figure 1, la seule modification consistant en l'introduction d'un ressort (14) entre le composant piézoélectrique (5) et une bague (15) solidaire du carter de l'électrovanne (1). L'intégration du ressort a initialement pour but de réduire le temps de réponse à la fermeture. Elle n'est cependant pas préjudiciable à la rapidité de l'ouverture, en particulier si l'on rajoute des trous dans la couronne piézoélectrique (5) qui diminuent sa résistance au déplacement. En effet, l'effort dû à la pression et au débit sous ladite rondelle (5), et également sous le pointeau (6), est dirigé vers le haut et augmente lorsque la course de l'élément piézoélectrique, et par conséquent du pointeau (6) augmente. Cet effort permet en fait de garder la rondelle piézoélectrique dans sa position d'ouverture, malgré le ressort et malgré le fait que, en bout de course, l'effort d'ouverture de l'élément piézoélectrique diminue.

Lorsqu'on coupe la tension aux bornes de l'élément piézoélectrique (5), le ressort aide à la fermeture. Les orifices éventuellement pratiqués dans la couronne de l'élément piézoélectrique favorisent également, mais en sens inverse, le passage du fluide à travers ladite couronne.

5 A la place ou en sus du ressort (15), on peut également prévoir une pièce additionnelle (16) disposée dans la chambre hydraulique à haute pression (8), à l'intérieur de la pièce (13) contenant l'orifice (7) et guidant le premier pointeau (6) en translation. Cette pièce (16), qui restreint très sensiblement le passage du fluide vers ledit orifice (7), crée une restriction au dit passage qui permet
10 d'obtenir l'effet d'un ressort, mais sans en avoir les inconvénients, puisqu'elle n'a pas d'effet sur le déplacement du composant piézoélectrique (5).

La configuration présentée en figure (3) est à entraînement direct. Dans ce cas, le pointeau (10') constituant la soupape est directement solidarisé, via l'arbre (17), à la rondelle piézoélectrique (5). Dans cette hypothèse, la chambre
15 hydraulique à haute pression (8') est localisée entre une pièce (18) guidant l'arbre (17), et le siège de la soupape (10'), contenu dans un élément (12') aidant de plus à son guidage. Lorsque la tension aux bornes de l'élément piézoélectrique (5) est nulle, la soupape (10') repose au contact de son siège pratiqué dans la pièce (12'). Lorsque la tension n'est pas nulle, la rondelle
20 piézoélectrique (5) se déforme vers le haut, entraînant l'arbre (17) et ladite soupape (10'), qui s'écarte par conséquent de son siège, et permet un échange de pression entre la chambre hydraulique à haute pression (8') et la chambre hydraulique à basse pression (9').

Dans la conception dite « directe », c'est-à-dire avec une rondelle
25 piézoélectrique (5) directement solidarisée à la soupape (10'), le réglage mécanique peut être plus difficile à effectuer que dans les variantes à compensation de pression. Le problème des fuites pouvant exister entre les chambres hydrauliques respectivement à haute pression (8') et à basse pression (9') doit également être envisagé avec attention. Cela étant, une telle
30 conception peut aider à réduire les temps de réponse à l'ouverture et à la fermeture de la vanne.

Dans toutes les variantes présentées auparavant, les chambres hydrauliques à haute pression (8, 8') sont par exemple portées à une pression de l'ordre de 200 bars, alors que les chambres hydrauliques à basse pression
35 (9, 9') sont à une pression de 5 à 5,5 bars. Les vannes de l'invention, qui permettent comme on l'a déjà mentionné des régulations de débit ou de pression, peuvent par exemple être utilisées dans des systèmes d'injection automobile (diesel ou essence), mais aussi dans tous les secteurs où un fluide doit être régulé en débit ou en pression, comme le freinage automobile, etc.

Les débits et les pressions peuvent être importants (2000 bars et 240 litres par heure par exemple) et la température d'utilisation peut aller jusqu'à environ +130°C. Cette technologie permet par conséquent de respecter les contraintes d'utilisation dans un environnement tel qu'un moteur d'automobile.

- 5 Les caractéristiques des électrovannes sont bien entendu adaptables à chaque utilisation prévue, par exemple par adaptation des diamètres en fonction des débits et des pressions prévus.

- 10 Encore une fois, l'intérêt de la technologie piézoélectrique, appliquée à ces vannes hydrauliques, est la rapidité de la réponse aboutissant à améliorer la précision de ce réglage, que ce soit en débit ou en pression. Or, dans le futur, les temps de réponse demandés par ce type de composants seront de plus en plus réduits, et les technologies basées sur les bobines, si elle veulent suivre la tendance, seront de plus en plus onéreuses. L'utilisation d'éléments piézoélectriques dans des configurations simples et peu coûteuses est donc
- 15 prometteuse.

REVENDICATIONS

1. Vanne hydraulique de régulation de débit ou de pression comportant au moins une soupape mobile en translation entre une position de fermeture au contact d'un siège et une position d'ouverture à distance de celui-ci, le déplacement de ladite soupape étant piloté par une pièce piézoélectrique, **caractérisée en ce que ladite pièce est une rondelle.**
2. Vanne hydraulique selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'axe de la rondelle est parallèle à l'axe de translation de la soupape.
3. Vanne hydraulique selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'un premier pointeau est fixé à ladite rondelle, apte à obstruer un premier orifice reliant une chambre hydraulique à basse pression à une chambre hydraulique à haute pression, la soupape étant constituée d'un second pointeau obstruant un second orifice reliant les chambres respectivement à haute et à basse pression.
4. Vanne hydraulique selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le premier pointeau est fixé au centre de la rondelle, et présente un axe de déplacement confondu avec l'axe de la rondelle.
5. Vanne hydraulique selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisée en ce que la soupape est mobile et guidée en translation entre son siège et une butée située, selon l'axe de son déplacement, à l'opposé dudit siège.
6. Vanne hydraulique selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisée en ce que le second pointeau constituant la soupape comporte une cavité axiale ouverte sur l'extérieur.
7. Vanne hydraulique selon la revendication précédente, caractérisée en ce que ladite cavité comporte deux ouvertures disposées respectivement à l'opposé et à proximité de la portion du pointeau coopérant avec le siège de la soupape, dans la même chambre hydraulique.
8. Vanne hydraulique selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, caractérisée en ce que l'accès au premier orifice, dans la chambre à haute pression, est partiellement obstrué pour le fluide par une pièce restreignant le passage du fluide à un canal de diamètre inférieur à celui dudit premier orifice.
9. Vanne hydraulique selon l'une des revendications 3 à 8, caractérisée en ce que le premier pointeau est situé dans la chambre hydraulique à basse pression.

10. Vanne hydraulique selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que la soupape est constituée d'un pointeau fixé à la rondelle, et apte à obstruer un unique orifice reliant une chambre hydraulique à haute pression à une chambre hydraulique à basse pression.
- 5 11. Vanne hydraulique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le pointeau formant soupape est situé dans la chambre à haute pression.
12. Vanne hydraulique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la rondelle piézoélectrique est située dans la chambre hydraulique à basse pression.
- 10 13. Vanne hydraulique selon l'une quelconque des revendications 3 à 12, caractérisée en ce qu'un ressort est appliqué contre la rondelle piézoélectrique, exerçant une force de rappel sollicitant ladite rondelle dans le sens de la fermeture de l'orifice contrôlé par le pointeau qui lui est fixé.
- 15 14. Vanne hydraulique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la soupape est fermée lorsque la tension aux bornes de la rondelle piézoélectrique est nulle.
15. Vanne hydraulique selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la rondelle est, à tension nulle, déformée de telle sorte qu'elle présente une concavité orientée vers le pointeau qui lui est fixé.
- 20 16. Vanne hydraulique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la rondelle présente des orifices répartis sur sa couronne.

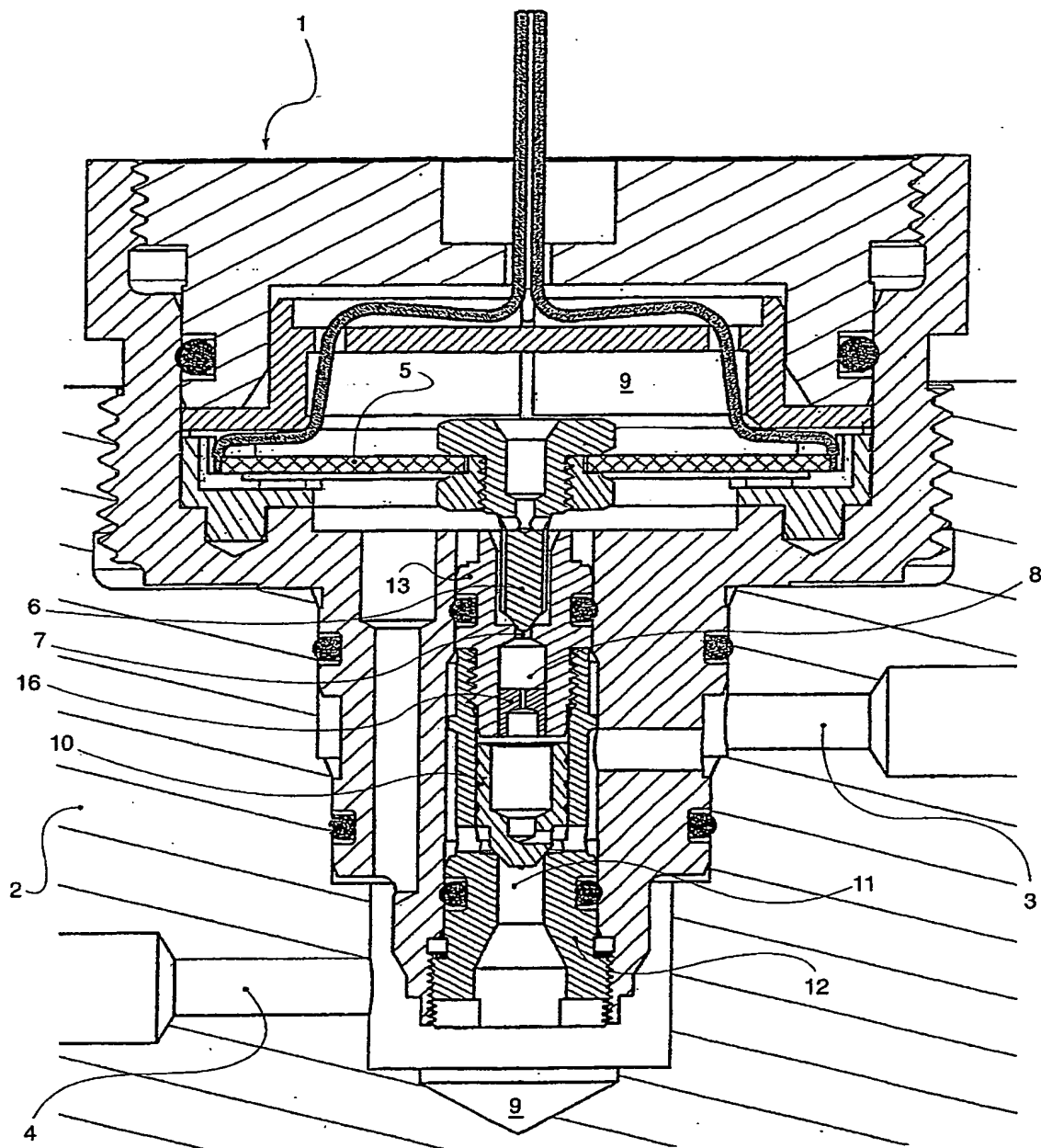


Fig.1

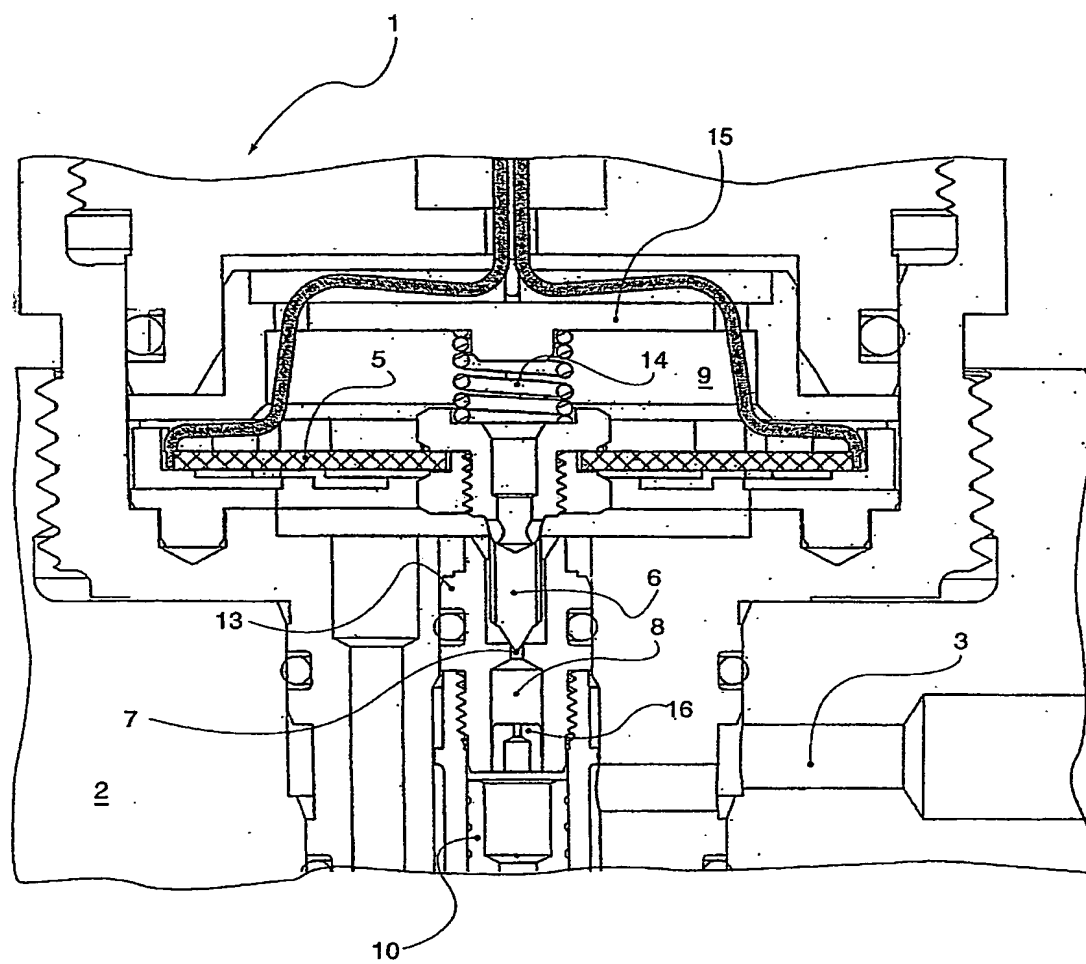


Fig.2

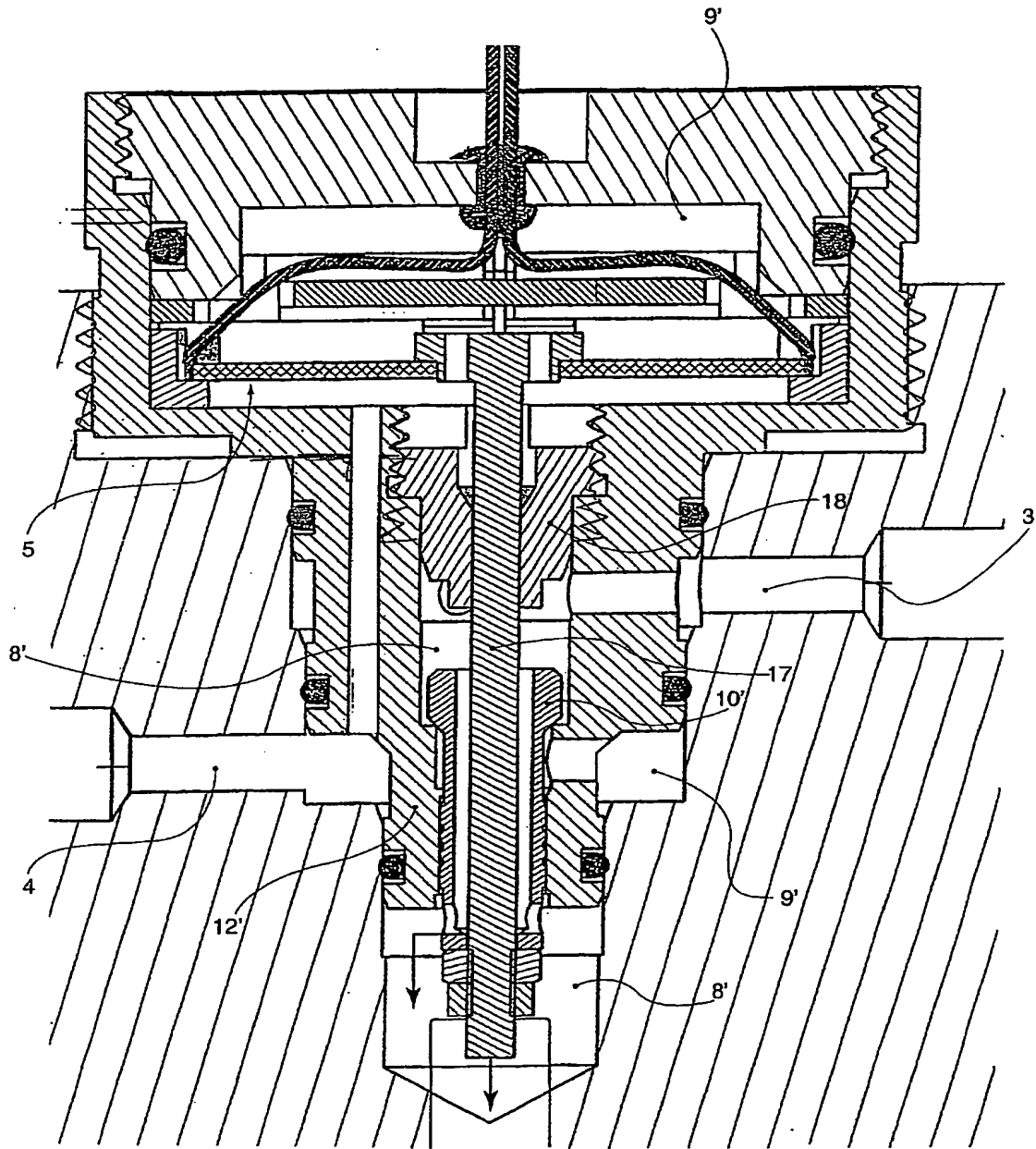


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/003279

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F16K31/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F16K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 051 312 A (MARTONAIR LTD) 14 January 1981 (1981-01-14) page 1, line 71 - page 2, line 35	1-3, 9, 11, 12, 14
Y	page 2, line 102 - line 106; figure 1	5-8
A		13
Y	GB 1 350 379 A (ADAN HYDRAULICS LTD; CURTIS J H) 18 April 1974 (1974-04-18) page 2, line 12 - line 35; figure 1 page 2, line 65 - line 83; figure 2	5-8
X	US 4 561 627 A (MECKSTROTH ALAN F) 31 December 1985 (1985-12-31) column 4, line 43 - column 6, line 32; figure 5	1, 2
A		3-6, 8, 9, 11-15
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

8 document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 April 2005

Date of mailing of the international search report

21/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rusanu, I

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/003279

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 383 195 A (KOLM ERIC A ET AL) 10 May 1983 (1983-05-10) figure 1	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0092, no. 06 (M-406), 23 August 1985 (1985-08-23) & JP 60 065968 A (HITACHI MAXELL KK), 15 April 1985 (1985-04-15) abstract; figure 2	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/003279

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2051312	A	14-01-1981	NONE	
GB 1350379	A	18-04-1974	DE 2130656 A1 DE 7123781 U FR 2099804 A5	23-12-1971 12-09-1974 17-03-1972
US 4561627	A	31-12-1985	US 4390157 A	28-06-1983
US 4383195	A	10-05-1983	NONE	
JP 60065968	A	15-04-1985	NONE	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.